

File Edit View Tools Window Help

Interference light and detects position of examined  
object for focussing probe light

PATENT-ASSIGNEE: OLYMPUS OPTICAL CO LTD[OLYU]

PRIORITY-DATA: 1996JP-0246492 (September 18, 1996)

## PATENT-FAMILY:

PUB-NO	PUB-DATE	LANGUAGE	PAGES	MAIN-IPC
JP 10090591 A	April 10, 1998	N/A	007	G02B 007/28

## APPLICATION-DATA:

PUB-NO	APPL-DESCRIPTOR	APPL-NO	APPL-DATE
JP 10090591A	N/A	1996JP-0246492	September 18, 1996

INT-CL (IPC): G01C003/06, G02B007/28 , G03B013/36

ABSTRACTED-PUB-NO: JP 10090591A

## BASIC-ABSTRACT:

The detector has a semiconductor laser (20) which emits a laser light whose optical frequency varies periodically from a constant frequency. A polarisation beam splitter (22) divides the laser light into a reference beam and a measurement light. The reference beam is projected to a light receiving element (29) through a reference mirror (24). An objective lens (4) irradiates the measurement beam on an examined object (5). An optical coupler couples the reflected measurement light from the examined object and the reflected reference light from the reference mirror to generate an interference light.

An optical detector detects intensity of the interference light. The beat of the interference light which varies depending on the optical path difference of the reference beam and measurement light, is counted based on the detector output. A signal processor (31) detects position of the examined object for focussing a probe light.

ADVANTAGE - Offers wide operating range. Performs optical detection with high accuracy.

CHOSEN-DRAWING: Dwg.1/7

TITLE-TERMS: FOCUS DETECT MICROSCOPE OPTICAL MEASURE APPARATUS SIGNAL PROCESSOR  
COUNT BEAT INTERFERENCE LIGHT DETECT POSITION OBJECT FOCUS PROBE  
LIGHT

DERWENT-CLASS: P81 P82 S02

EPI-CODES: S02-A03B; S02-B01; S02-J04B1;

File Edit View Tools Window Help

PAT-NO: JP410090591A  
DOCUMENT-IDENTIFIER: JP 10090591 A  
TITLE: FOCUS DETECTOR  
PUBN-DATE: April 10, 1998

## INVENTOR-INFORMATION:

NAME  
YAMAGISHI, TAKESHI  
YUGAWA, HIROSHI

## ASSIGNEE-INFORMATION:

NAME	COUNTRY
OLYMPUS OPTICAL CO LTD	N/A

APPL-NO: JP08246492

APPL-DATE: September 18, 1996

INT-CL (IPC): G02B007/28, G03B013/36 , G01C003/06

## ABSTRACT:

PROBLEM TO BE SOLVED: To provide a focus detector whose operating range is large, and also capable of highly accurately detecting a focus.

SOLUTION: Laser light whose light frequency fluctuates at a constant frequency ( $f_{\text{SB}}$ ) is emitted by a semiconductor laser 20. The laser light is divided into reference light and measuring light by a polarized beam splitter 22. The reference light is made incident on a photodetecting element 29 through a reference mirror 24. The measuring luminous flux is collimated by an objective lens 4, then, the luminous flux is made incident on the photodetecting element 29 after being reflected by a body to be inspected 5. The interference of the reference light and the measuring light occurs, then, the output of the photodetecting element 29 is controlled to be the output obtained by multiplying the frequency ( $f_{\text{SB}}$ ) by the beat of a light frequency difference between both. The number of beats is counted by a signal processing part 31, and the count value (m) is compared with a count value ( $m_{\text{SB}}$ ) obtained at focusing by a CPU 32 so as to obtain the deviation of the body 5 from a focused point, then, the body 5 is moved to a position where the count value (m) becomes equal to the count value ( $m_{\text{SB}}$ ). Thereafter, the focus is highly accurately detected by using a conventional

Details Text Image HTML FULL

(19) 日本国特許庁 (J P)

(12) 公開特許公報 (A)

(11) 特許出願公開番号

特開平10-90591

(43) 公開日 平成10年(1998) 4月10日

(51) Int. Cl.<sup>8</sup>

識別記号

F I

G 0 2 B 7/28

G 0 2 B 7/11

J

G 0 3 B 13/36

G 0 1 C 3/06

P

// G 0 1 C 3/06

G 0 3 B 3/00

A

審査請求 未請求 請求項の数 3 O L (全 7 頁)

(21) 出願番号 特願平8-246492

(22) 出願日 平成8年(1996) 9月18日

(71) 出願人 000000376

オリンパス光学工業株式会社

東京都渋谷区幡ヶ谷2丁目43番2号

(72) 発明者 山岸 毅

東京都渋谷区幡ヶ谷2丁目43番2号 オリ

ンパス光学工業株式会社内

(72) 発明者 湯川 浩

東京都渋谷区幡ヶ谷2丁目43番2号 オリ

ンパス光学工業株式会社内

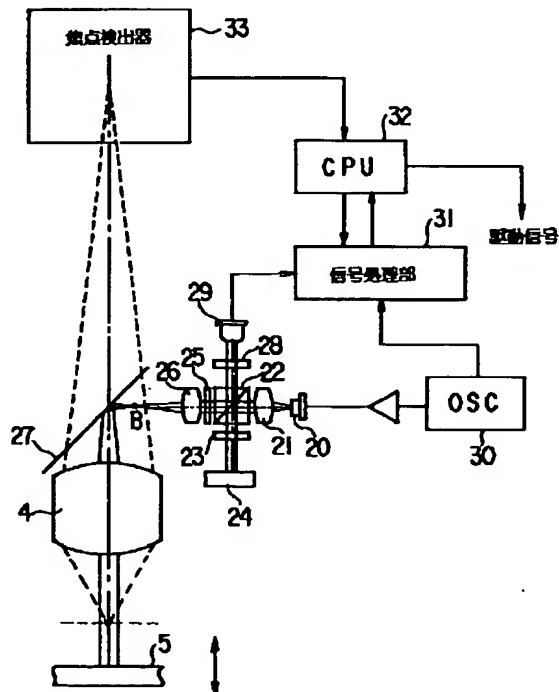
(74) 代理人 弁理士 鈴江 武彦 (外4名)

(54) 【発明の名称】 焦点検出装置

(57) 【要約】

【課題】動作範囲が広く、しかも高い精度で焦点検出を行える焦点検出装置を提供する。

【解決手段】半導体レーザー20は光周波数が一定周波数 $f_0$ で変動するレーザー光を射出する。レーザー光は偏光ビームスプリッタ22により参照光と測定光に分割される。参照光は参照鏡24を経て受光素子29に入射する。測定光束は対物レンズ4により平行光となり、被検体5で反射された後、受光素子29に入射する。参照光と測定光は干渉するため、受光素子29の出力は周波数 $f_0$ に両者の光周波数差のビートが乗ったものになる。信号処理部31はビートの数を計数し、CPU32はその計数値 $m$ を合焦時の計数値 $m_0$ と比較して被検体5の合焦点からのずれを求め、計数値 $m$ が $m_0$ に等しくなる位置に被検体5を移動させる。その後、従来通りの焦点検出系33を用いて高精度の焦点検出を行う。



## 【特許請求の範囲】

【請求項1】アローブ光を射出する手段と、  
アローブ光を集光する対物レンズと、  
被検体からのアローブ光の反射光に基づいてアローブ光の焦点に対する被検体の位置を検出する焦点検出系と、  
光周波数が一定の周波数で周期的に変化する光を射出する光源手段と、  
光源からの射出光を参照光と測定光に分割する光分割手段と、  
参照光を反射する参照鏡と、  
測定光を対物レンズを介して被検体に平行光として照射する手段と、  
被検体からの測定光の反射光と参照鏡からの参照光の反射光とを結合して干渉光を生成させる光結合手段と、  
干渉光の強度を検知する光検知手段と、  
光検知手段からの出力信号に基づいて、参照光と測定光の光路差に依存して変化する干渉光のビートを計数し、アローブ光の焦点に対する被検体の位置を検出する信号処理部とを有している、焦点検出装置。

【請求項2】請求項1において、  
光源手段は、半導体レーザーと、半導体レーザーに一定の周波数で周期的に変化する注入電流を供給する発振器とを含み、  
光分割手段は偏光ビームスプリッタを含み、  
光結合手段は、光分割手段の偏光ビームスプリッタと、参照光の光路上に配置された1/4波長板と、測定光の光路上に配置された1/4波長板とを含み、  
光検知手段は、入射光の強度に対応した電気信号を出力する受光素子を含み、  
参照鏡は偏光ビームスプリッタを基準にして対物レンズよりも近くに配置されている、焦点検出装置。

【請求項3】請求項2において、  
信号処理部は、  
受光素子の出力信号から光源手段からの射出光の周波数の成分を除去するハイパスフィルタと、  
ハイパスフィルタからの出力をパルス列に変換するコンパレータと、  
コンパレータからのパルス列を適宜通過させ遮断するゲートと、  
ゲートを通じたパルスの数を計数するカウンタと、  
光源手段からの射出光の光周波数の周期的変化の周期の整数倍に相当する時間だけゲートを開かせる手段とを含んでいる、焦点検出装置。

## 【発明の詳細な説明】

## 【0001】

【発明の属する技術分野】本発明は、顕微鏡や光学測定機器等において、被検体に対し焦点検出を行う焦点検出装置に関する。

## 【0002】

【従来の技術】アローブ光を対物レンズを通して被測定

面に照射し、その被測定面からの反射光に基づいて、被検体に対し焦点検出を行う焦点検出装置が従来より知られている。特開平5-322561号は焦点検出装置の一例を開示している。

【0003】図5は、特開平5-322561号の焦点検出装置に非常に良く似ている、従来の焦点検出装置の一例を示している。図5において、半導体レーザー1から射出されたレーザー光は、偏光ビームスプリッタ2で反射され、1/4波長板3を通過し、対物レンズ4により被検体5に集光される。被検体5からの反射光は、対物レンズ4、1/4波長板3、偏光ビームスプリッタ2を透過し、ビームスプリッタ6により二本の光束に分割される。ビームスプリッタ6で反射された光束は、像側の集光点Pの前方に配置された第一の絞りを7を通して、第一の受光素子8に入射する。ビームスプリッタ6を通過した光束は、像側の集光点Pの後方に配置された第二の絞りを9を通して、第二の受光素子10に入射する。

【0004】第一の受光素子8は入射光量に対応した電気信号Aを、第二の受光素子10は入射光量に対応した電気信号Bを信号処理系11に出力する。被検体面変位に対する第一の受光素子8の出力Aと第二の受光素子10の出力Bを図6(a)に示す。信号処理系11は、第一の受光素子8からの出力信号Aと第二の受光素子10からの出力信号Bに基づき、 $(A-B)/(A+B)$ の演算を行い、図6(b)に示す変位信号を得る。この変位信号は、合焦位置で0を示し、合焦位置からのずれの方向に対応した符号をとる。CPU12は、信号処理系11からの変位信号が0となるように、被検体5あるいは焦点検出装置全体を移動させる駆動部(図示せず)を駆動する。このような一連の動作により、焦点検出装置の焦点が被検体面に合わせられる。

## 【0005】

【発明が解決しようとする課題】図5(a)から分かるように、受光素子8と10の出力信号AとBは共に山形のカーブを示し、合焦点からある程度以上離れると、出力信号AとBのレベルは非常に低くなる。実際の構成においては、光学部材による反射光ノイズや電気的ノイズが存在するため、低い信号レベルでの動作は、合焦点の誤判定の頻度を高める。誤判定を避けるため、焦点検出は、一般に、ある一定レベル以上の受光素子8と10の出力信号AとBに基づいて行われる。つまり、焦点検出装置の動作範囲は合焦点を含むある範囲に限られる。

【0006】また、反射光ノイズや電気ノイズの影響は、合焦点近傍においては焦点検出の誤差の原因となり、特に焦点検出装置を光学測定機器に適用した場合に測定精度を低下させてしまうことがある。このような状況では、光学系の倍率を上げ、これにより被検体5の変位に対する像側集光点Pの移動量を大きくし、図7

(b)に示すように合焦点近傍における変位信号の傾きを大きくすることが有効である。これにより、同量のノ

イズに対して、焦点検出の不安定さを抑えることができる。

【0007】しかし、光学系の倍率を上げると、受光素子の出力カーブは図7(a)に示すように急峻なものとなり、このため、焦点検出装置の動作範囲は合焦点近傍の非常に狭い範囲に狭めてしまう。

【0008】つまり、合焦点の検出精度の向上と焦点検出装置の動作範囲の拡大は二律背反の関係にあり、検出精度の向上を図ると動作範囲は縮小し、動作範囲の拡大を図ると検出精度は低下してしまう。

【0009】以上の様に、従来の焦点検出装置では、広い範囲にわたり高い精度での合焦点の検出を実現することはできない。特に、焦点検出装置の光学測定機器への適用を考えると、高さ方向に変化を持つ試料を高精度で測定する要求が強くなるため、高精度での焦点検出は重要である。また、動作範囲の狭さは、高さ変化に対して焦点ずれの方向を見失う事態を招く要因になり、特に自動測定の要求に対して測定時間短縮への重要な問題である。

【0010】本発明は、上述した従来技術が抱える問題を鑑みて成されたものであり、その目的は、広い範囲にわたって合焦点を高い精度で検出できる焦点検出装置を提供することである。

【0011】

【課題を解決するための手段】上記の目的は本発明の焦点検出装置によって達成される。本発明の焦点検出装置は、プローブ光を射出する手段と、プローブ光を集光する対物レンズと、被検体からのプローブ光の反射光に基づいてプローブ光の焦点に対する被検体の位置を検出する焦点検出系と、光周波数が一定の周波数で周期的に変化する光を射出する光源手段と、光源からの射出光を参照光と測定光に分割する光分割手段と、参照光を反射する参照鏡と、測定光を対物レンズを介して被検体に平行光として照射する手段と、被検体からの測定光の反射光と参照鏡からの参照光の反射光とを結合して干渉光を生成させる光結合手段と、干渉光の強度を検知する光検知手段と、光検知手段からの出力信号に基づいて、参照光と測定光の光路差に依存して変化する干渉光のビートを計数し、プローブ光の焦点に対する被検体の位置を検出する信号処理部とを有している。

【0012】光源手段は、半導体レーザーと、半導体レーザーに一定の周波数で周期的に変化する注入電流を供給する発振器とを含み、光分割手段は偏光ビームスプリッタを含み、光結合手段は、光分割手段の偏光ビームスプリッタと、参照光の光路上に配置された1/4波長板と、測定光の光路上に配置された1/4波長板とを含み、光検知手段は、入射光の強度に対応した電気信号を出力する受光素子を含み、参照鏡は偏光ビームスプリッタを基準にして対物レンズよりも近くに配置されている。

【0013】信号処理部は、受光素子の出力信号から光源手段からの射出光の周波数の成分を除去するハイパスフィルタと、ハイパスフィルタからの出力をパルス列に変換するコンパレータと、コンパレータからのパルス列を適宜通過させ遮断するゲートと、ゲートを通じたパルスの数を計数するカウンタと、光源手段からの射出光の光周波数の周期的変化の周期の整数倍に相当する時間だけゲートを開かせる手段とを含んでいる。

【0014】

10 【発明の実施の形態】以下、図面を参照しながら本発明の実施の形態について説明する。本発明の実施形態の焦点検出装置の構成を図1に示す。半導体レーザー20には、発振器30により、一定の周波数 $f_0$ で周期的に変化する注入電流が供給される。このため、半導体レーザー20は、注入電流に応じて、一定の周波数 $f_0$ で強度が変化する光を射出する。言い換えれば、図2(a)に示すように、光周波数 $\nu$ が一定の周波数 $f_0$ で周期的に変化する光を射出する。

【0015】半導体レーザー20から射出されたレーザー光は、コリメータレンズ21で平行光に変えられ、偏光ビームスプリッタ22に入射する。レーザー光の偏光方向は偏光ビームスプリッタ22の透光軸に対して45°に設定されており、レーザー光は偏光ビームスプリッタ22により二本の光束に分割される。

【0016】偏光ビームスプリッタ22で反射された第一の光束は、1/4波長板23を通過し、参照鏡24で反射され、1/4波長板23を通過し、偏光ビームスプリッタ22を通過し、偏光板28に入射する。以下の記述では、第一の光束は参照光束あるいは単に参照光と記す。

【0017】一方、偏光ビームスプリッタ22を通過した第二の光束は、1/4波長板25を通過し、集光レンズ26により集束光に変えられ、対物レンズ4の後側焦点Bに一旦集光した後、ハーフミラー27で反射され、対物レンズ4により平行光に変えられ、被検体5に入射する。被検体5に入射した平行光は、被検体5で反射され、対物レンズ4により集束光に変えられ、ハーフミラー27で反射され、集光レンズ26により平行光に変えられ、1/4波長板25を通過し、偏光ビームスプリッタ22で反射され、偏光板28に入射する。以下の記述では、第二の光束は測定光束あるいは単に測定光と記す。

【0018】偏光板28の透光軸は、偏光ビームスプリッタ22の透光軸に対して45°傾けられている。このため、参照光束と測定光束は共に半分が偏光板28を通過する。参照光の偏光板28を通過した成分と測定光の偏光板28を通過した成分は、互いに干渉し、受光素子29に入射する。

【0019】参照鏡24は、偏光ビームスプリッタ22を基準にして、対物レンズ4よりも近くに配置されてい

る。従って、被検体5が対物レンズ4の光軸上のどの位置にあっても、測定光と参照光の間には常に光路差Dが存在する。

【0020】このため、図2(b)に示すように、測定光は常に参照光に対して $\Delta t = D/c$  (cは光速)だけ遅れて受光素子29に入射する。つまり、受光素子29に対する参照光の入射時刻と測定光の入射時刻の間には常に $\Delta t$ の時間差が生じる。

【0021】この時間差 $\Delta t$ のため、受光素子29で検出される干渉信号は、図2(c)に示すように、参照光と測定光の光周波数差 $\Delta \nu$ のビートが変調周波数 $f_0$ にのった形となる。この光周波数差あるいはビート周波数 $\Delta \nu$ は、参照光と測定光の光路差Dの大小により増減する受光素子29の出力は信号処理部31へ送られる。信号処理部31の詳しい構成を図3に示す。

【0022】信号処理部31において、受光素子29からの出力は、アンプ40で増幅され、ハイパスフィルタ41によって変調周波数 $f_0$ 以下が除去され、 $f_0$ を超える周波数のみの信号つまりビート周波数に対応した信号となり、コンパレータ42により信号周波数に応じたパルス列としてゲート43に送られる。

【0023】ゲート43を通過した信号はカウンタ44によりパルス数mが計数される。その計数値mはCPU32に入力される。また、コンパレータ45によって、発振器30の変調周波数 $f_0$ に応じたパルス列が生成され、このパルス列は $n_0$ に設定されたn進カウンタ46に入力される。n進カウンタはコンパレータ45から入力されるパルスを $n_0$ 個計数するあいだ出力を示し、その出力はゲート43とCPU32に入力される。

【0024】これにより、変調周波数 $f_0$ の周期の $n_0$ 倍に相当する時間の間、ゲート43が開く。従って、カウンタ44は、その時間の間、コンパレータ42から供給されるパルスの数すなわち干渉信号のビートの数を計数し、その計数値mをCPU32に出力する。計数値mは、参照光と測定光の光路差に依存して変化し、被検体5が対物レンズに近づくと減少し、遠ざかると増加する。

【0025】CPU32は、被検体5が合焦点の位置にある時の計数値 $m_0$ を予め記憶しており、カウンタ44から入力される計数値mを、予め記憶している合焦点の計数値 $m_0$ と比較することによって、被検体5の合焦点からのずれ方向とずれ量に算出する。さらに、CPU32は、算出したずれ方向とずれ量に基づいて、計数値mが $m_0$ に等しくなるように、被検体5あるいは焦点検出装置全体を移動させる駆動部(図示せず)を駆動する。

【0026】以上の一連の動作によって被検体5が合焦点に大まかに合わせられる。つまり、大まかな焦点検出が行われる。この大まかな焦点検出は、被検体5に平行光を照射して行っているため、デフォーカスによる信号レベルの低下がなく、極めて広い範囲にわたり動作可能

である。

【0027】ハーフミラー27の上方には、従来例と同じ焦点検出系33(図5参照)が配置されており、上述した大まかな焦点検出の後に、この焦点検出系33を用いて焦点検出を行う。焦点検出系33を用いた焦点検出は精度が高く、その動作の詳細は「従来の技術」のところで既に説明してあるので、ここでは省略する。

【0028】このように本実施形態の焦点検出装置では、被検体5が焦点検出系33の動作範囲外に位置するときは干渉光学系により大まかな焦点検出により被検体5を焦点検出系33の動作範囲内に移動させ、被検体5が焦点検出系33の動作範囲内に位置するときは焦点検出系33により高精度の焦点検出を行うので、極めて広い動作範囲を確保できるとともに高精度の焦点検出が行える。しかも、その焦点検出は短時間の内に行える。

【0029】本実施形態の焦点検出装置の動作範囲は光学系倍率とは無関係であり、従って光学系倍率は合焦精度確保のために任意に設定できるので、極めて広範囲において高い精度で焦点検出を行える焦点検出装置を実現できる。

【0030】続いて、本実施形態の干渉光学系の変形例について図4を用いて説明する。本変形例では、被検体5に向う測定光の光路において、集光レンズ56に関して、対物レンズ4の後側焦点Bと共役な位置B'に開口部55が配置されている。

【0031】半導体レーザー20から射出されたレーザー光は、コレクタレンズ50により集束光に変えられ、偏光ビームスプリッタ51に入射する。レーザー光の偏光方向は偏光ビームスプリッタ51の透光軸に対して45°に設定されており、レーザー光は偏光ビームスプリッタ51により参照光束と測定光束に分割される。

【0032】偏光ビームスプリッタ51で反射された参照光束は、1/4波長板52を通過し、参照鏡53で反射され、1/4波長板52を通過し、偏光ビームスプリッタ51を通過し、偏光板28に入射する。

【0033】一方、偏光ビームスプリッタ51を通過した測定光束は、1/4波長板54を通過し、点B'で一旦集光した後、発散光となり集光レンズ56に入射する。その後、測定光は、集光レンズ56により集束光に変えられ、対物レンズ4の後側焦点Bに一旦集光した後、ハーフミラー27で反射され、対物レンズ4により平行光に変えられ、被検体5に入射する。被検体5に入射した平行光は、被検体5で反射され、対物レンズ4により集束光に変えられ、ハーフミラー27で反射され、点Bに一旦集光した後、発散光となり集光レンズ56に入射し、その後、集光レンズ56により集束光に変えられ、点B'に一旦集光した後に発散光となり、1/4波長板54を通過し、偏光ビームスプリッタ51で反射され、偏光板28に入射する。

【0034】偏光板28を通過した参照光と測定光は、

互いに干渉し、受光素子29に入射する。受光素子29による光電変換後の処理は、前述の実施形態と同じである。本変形例においては、被検体面での回折等の影響により生じた不所望な光は、開口部55によって遮られるので、より安定した測定が行われる。これにより、被検体5の選択範囲が広がり、様々な種類の被検体5に対して、広い範囲にわたり高精度な焦点検出動作を行える焦点検出装置が実現できる。

【0035】

【発明の効果】本発明によれば、極めて広い動作範囲を有し、しかも高い精度で焦点検出を行える焦点検出装置が得られる。

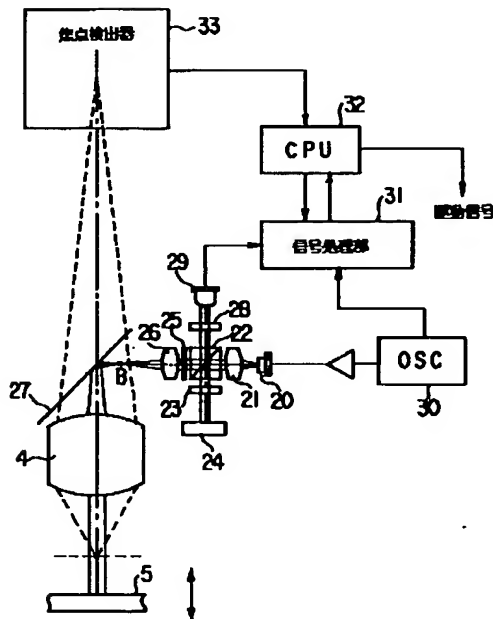
【図面の簡単な説明】

【図1】本発明の実施形態の焦点検出装置の構成を示している。

【図2】(a)は図1の半導体レーザーからの射出光の時間に対する光周波数の変化の様子を示し、(b)は図1の受光素子に入射する参照光と測定光の時間に対する光周波数の変化の様子を示し、(c)は図1の受光素子からの出力信号の時間に対する強度の変化の様子を示している。

【図3】図1の信号処理部の詳細な構成を示している。

【図1】



【図4】図1の焦点検出装置の干渉光学系の変形例を示している。

【図5】従来の焦点検出装置の一例を示している。

【図6】(a)は図5の装置における被検体面変位に対する受光素子出力の変化の様子を示し、(b)は図5の装置における被検体面変位に対する変位信号の変化の様子を示している。

【図7】(a)は光学系の倍率の違いによる被検体面変位に対する受光素子出力の変化の様子の違いを示し、

(b)は光学系の倍率の違いによる被検体面変位に対する変位信号の変化の様子の違いを示している。

【符号の説明】

4 対物レンズ

5 被検体

20 半導体レーザー

22 偏光ビームスプリット

24 参照鏡

29 受光素子

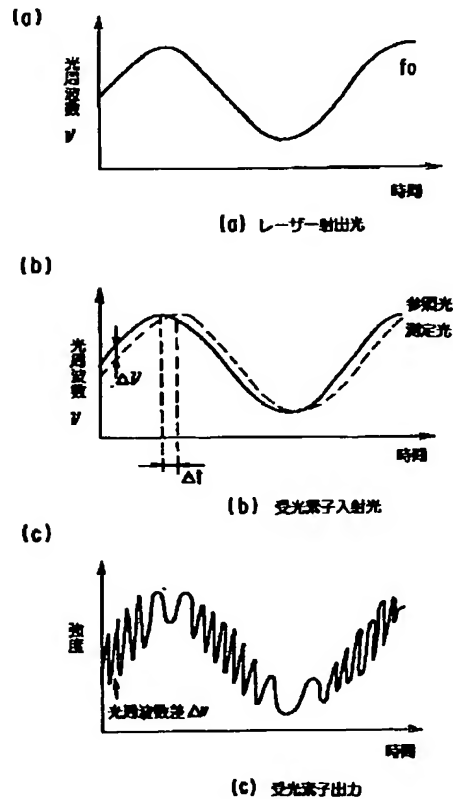
30 発振器

31 信号処理部

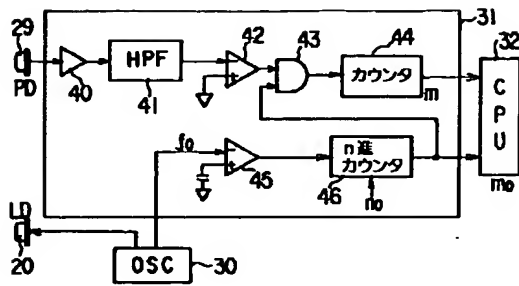
32 CPU

33 焦点検出系

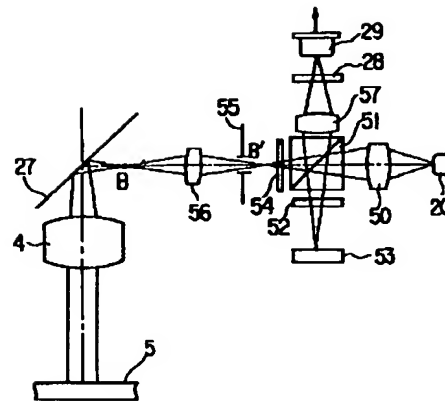
【図2】



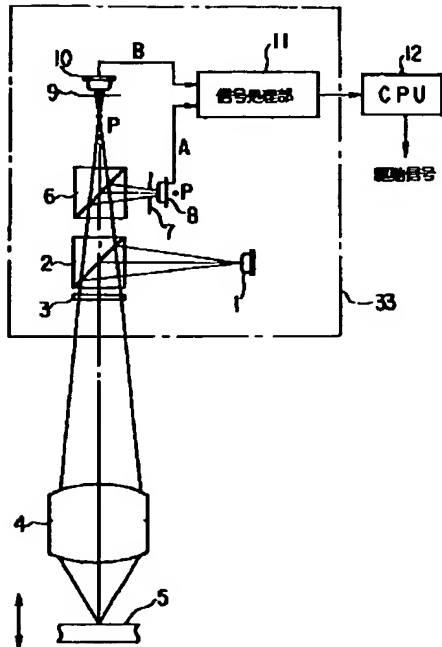
【図3】



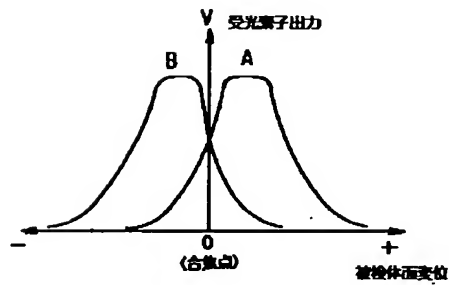
【図4】



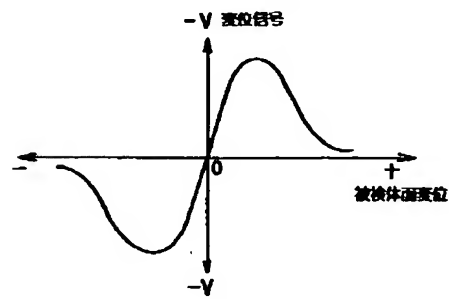
【図5】



【図6】



(a)



(b)



【図7】

